



수동형 광 단말장치 기술기준 제정 동향

최문환* 조평동* 김봉석**

초고속 인터넷, HDTV, IPTV 등의 광대역 통신 및 방송 서비스는 기존의 구리선을 이용한 가입자 망으로는 더 이상 원활한 제공이 어려운 실정이다 이에 가입자 망의 전송 속도 및 용량, 효율적이고 신뢰성 있는 운용을 위하여 맥내에까지 광섬유를 이용하여 서비스를 제공하기 위한 광가입자 망(FTTH)으로의 전환이 현실화되고 있다. 최근 이와 같이 광가입자 망의 가입자 수가 급증하고 나날이 새로운 기술이 개발되어 그 시장이 확대되고 있지만 새로운 서비스의 제공을 위한 구체적인 기준 마련이 미비하며 또한 새로운 시장에 참여하고자 하는 사업자와 제조업체 그리고 사용자를 위한 보호 및 위해 방지 대책이 시급한 실정이다. 이에 방송통신위원회 전파연구소에서는 광가입자 망을 위한 수동형 광 단말장치에 대한 기술기준을 새로이 제정하여 고시하였으며 본 고에서는 광가입자 망의 구현을 위한 기술 방식을 살펴보고 광 단말장치 기술기준 제정 동향을 분석하고자 한다. ☐

목	차
I.	서 론
II.	추진 배경
III.	PON 기술 및 표준화 동향
IV.	기술기준 주요 내용 분석
V.	결 론

I. 서 론

초고속 인터넷, HDTV, IPTV 등 통신 및 방송 수요의 증가로 인하여 수 Mbps 에서 수십 Mbps 의 속도로 서비스하는 기존의 구리선을 통해 제공된 xDSL 등의 가입자 망으로는 더 이상 원활한 서비스를 제공하기에 어려운 실정이다. 이에 다양한 방송 통신 융합 서비스를 제공할 수 있는 효율적이고 신뢰성 있는 가입자 망에 대한 요구가 제기됨에 따라 가정이나 맥내에까지 광섬유를 이용하여 서비스를 제공하는 광가입자 망(Fiber-To-The-Home: FTTH)으로의 전환이 현실화되고 있다. 광가입자 망 기술은 전달망과 가입자 간을 연결하기 위한 전송 장치와 전송 매체 등의 설비로 구성되며 각 가입자에게 수백 Mbps 이상의 사용 대역을 제공할 수 있는 광 통신 서비스를 말한다[1].

* ETRI 기술기준연구팀/Post-Doc.
** ETRI 기술기준연구팀/팀장
*** RRA 기술기준과/공업연구사

본 고에서는 네트워크 구성의 용이성, 서비스 신뢰성, 운용 효율성 등이 강점으로 도입되고 있는 광가입자 망에 대한 국내의 표준화 동향을 살펴보고 이를 바탕으로 전기통신설비의 기술기준에 관한 규정에 따라 국내 산·학·연 전문가들과의 검토를 거쳐 마련된 광가입자 망 서비스를 위한 광 모뎀 단말장치의 전기적 특성 기술 조건 및 광 커넥터 규격, 광 모뎀의 파형 및 광 신호 세기 그리고 광 파장 등의 송수신 특성 등 수동형 광 단말장치의 기술기준 규정의 배경 및 그 내용을 알아보고자 한다.

II. 추진 배경

시장조사기관인 인포네틱스 리서치(Infornetics Research)에 따르면, 전 세계적으로 FTTH-PON(EPON, GPON, BPON) 장비 시장은 2005년 5억 6,500만 달러 규모에서 2009년 30억 달러 규모로 432%의 급격한 성장을 이룰 것으로 전망하였다. PON 가입자 수도 지속적으로 늘어나 2005년 410만 명에서 2009년 3,800만 명을 기록할 것으로 분석하였다[2]. 국내에서도 향후 방송과 통신의 융합 등 급격히 늘어날 대역폭 요구를 수용하기 위한 광가입자 망에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다. 2008년 1월 말 기준으로 국내 광가입자 망을 위한 초고속 인터넷 서비스 가입자 수는 92만 6,000여 명으로 6.3%에 불과하였으나, 2009년 5월 말 현재 광가입자 망을 이용하여 초고속 인터넷 서비스를 제공받고 있는 가입자의 수는 198만여 명으로 전체의 12.5%를 차지해 그 가입자 수가 급증하고 있다[3].

전기통신설비의 기술기준에 관한 규정 제 14 조 제 2 항(단말장치의 기술기준)에서는 전기통신설비의 운용자와 이용자의 안전 및 전기통신역무의 품질 향상을 위해 전기통신망 및 전기통신망 운용자에 대한 위해 방지 규정과 전기통신망과 단말장치 간 또는 단말장치와 단말장치 간의 상호작동에 관한 규정, 그리고 전송 품질 유지에 관하여 단말장치의 기술기준을 정하도록 되어 있다[4]. 이에 새로운 서비스를 효율적으로 제공하여 사용자의 편의를 향상시키기 위한 목적으로 방송통신위원회 전파연구소와 한국전자통신연구원은 광 전송기술 및 광가입자 관련 사업자와 제조업체, 관련 기관 그리고 학계의 전문가들이 참여하는 광 모뎀 단말장치 기술기준 검토위원회를 구성하였다. 그리고 국내의 표준화 동향 및 제조업체의 표준 규격과 광 모뎀의 전기적 특성 기술 조건 및 광 선로 커넥터 규격 등을 검토하여 광 모뎀 단말장치의 세부 기준을 만들고 각 기준 조항에 대한 타당성 검증 시험을 거쳐 광 모뎀 단말장치에 대한 기술기준(전파연구소 고시 제 2009-38 호 단말장치 기술기준 제 17 조의 6 수동형 광 선로설비와 단말장치 간의 접속)[5]을 새로운 조항으로 마련하였다.

III. PON 기술 및 표준화 동향

1. PON 기술 동향

광섬유를 이용한 FTTx 기술은 서비스 지역이나 계획에 따라서 FTTB(Fiber-To-The-Building), FTTCab(Fiber-To-The-Cabinet), FTTC(Fiber-To-The-Curb) 그리고 FTTH 등이 있으며 이를 총칭하여 FTTx 라 한다.

이러한 FTTx 의 구축 방식으로는 PTP(Point-to-Point) 방식과 AON(Active Optical Network) 방식 그리고 PON 방식 등이 있다. PON 방식은 AON 방식과 달리 수동형 광 장비를 이용하여 광케이블을 분배하는 방식으로 구성 장비에 별도의 전력을 공급할 필요가 없어 FTTH 서비스에 가장 널리 사용되고 있으며, TDMA 방식으로 ATM 계열인 APON, BPON 그리고 GPON 과 이더넷 계열의 EPON 등이 있고 WDM 방식으로 CWDM 과 DWDM 등이 있다.

APON 방식은 비디오 전달 능력이 없으며 대역폭이 불충분하며 고가의 장비를 사용해야 하는 단점이 있어 이를 위한 보완책으로 BPON(Broadband-PON)이 개발되었다. 그러나 BPON 은 모든 전기통신 서비스를 수용하는 것을 목적으로 하며 전화 서비스의 음성이나 모든 이더넷 데이터를 ATM 셀에 분할하여 전송할 수는 있으나 역시 불충분한 대역폭과 고가의 장비가 사용되는 단점이 있다. 또한 GPON 은 ATM 지원 능력과 이더넷 프레임의 효율적인 지원이 가능하여 BPON 을 대체하고 있으며 EPON 은 ATM-PON 이 가지는 단점을 보완하여 간단하고 효율적이며 고가의 ATM 과 SONET 부품을 제거하여 망을 대폭 단순화함으로써 경제성을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 이에 반해 WDM-PON 은 단일 광섬유를 통해 각 가입자마다 서로 다른 파장을 사용함으로써 1:N 의 공유 구조를 갖는 방식으로 가입자가 서로 다른 파장을 사용함으로써 가입자별 서로 다른 서비스의 제공이 가능하고 독립적인 대역의 할당으로 동시 사용자 수에 의한 대역폭 변동이 발생하지 않는 장점이 있으나 GPON 이나 EPON 에 비해 시스템 구축비용이 높고 아직 표준화가 진행되고 있으며 가입자 수용 밀도에 따라 DWDM-PON 과 CWDM-PON 으로 구별하고 있다[6].

2. PON 표준화 동향

가. GPON 표준화 동향

2001 년 FSAN(Full Service Access Network)에 의해 표준이 개발되기 시작한 GPON 은 이후 ITU-T 의 SG 15(광전송망)에서 개발한 G.984.x 표준을 따르고 있으며 현재 총 5 개의 표

준 문서로 구성되어 있다.

G.984.1 은 GPON 의 일반적인 특성을 다루고 있으며 SNI, UNI 요구사항이나 OLT, ONU, ODN 요구사항 등 PMD(Physical Media Dependent) 계층과 TC(Transmission Convergence) 계층 정의를 위한 시스템 규격을 규정하고, 상향 대역을 위한 155Mbps/622Mbps/1.244Gbps/2.488Gbps 와 하향대역을 위한 1.244Gbps/2.488Gbps 의 범위에서 6 가지의 비대칭 전송 속도를 정의하고 있다[7].

G.984.2 는 GPON 의 전송속도 및 운용과장, 송수신 특성 등의 PMD 계층 규격으로 수동형 광 단말장치 기술기준의 GPON 물리 규격은 주로 G.984.2 표준을 따르고 있다[8].

G.984.3 에서는 ATM, GEM 프레임, TDMA 프로토콜, OAM, Raging, Operation, Security, FEC 등 GPON 의 TC 계층 규격을 규정하고 있으며[9], G.984.4 는 구성관리나 장애관리 성능관리와 보안관리 등의 관리 인터페이스 규격인 OMCI(ONT Management and Control Interface) 규격과 ONT-OLT 관리 MIB, 관리 제어 채널 규격을 규정하고 있다[10]. 마지막으로 G.984.5 는 향후 WDM-PON 에 의한 추가적인 서비스 신호를 위한 과장을 정의하고 있다[11].

나. EPON 표준화 동향

EPON 은 Cisco, Nortel, Intel, Lucent 등의 북미쪽 벤더들이 주로 참여하고 있는 IEEE 의 802.3 표준화 그룹에서 주도하고 있으며, EPON 을 위한 수동형 광 단말장치 기술기준은 IEEE 802.3ah 표준[12]을 따르고 있다. 주요 내용은 다음과 같다.

- TDMA 프로토콜: MPCP(IEEE 802.3 clause 64)
- EPON 을 위한 논리 링크 구성 규격(IEEE 802.3 clause 65)
- EPON PMD 규격: 1000BASE-PX10/20-D/U 규격(IEEE 802.3 clause 60)
- Link OAM 규격(IEEE 802.3 clause 57)
- 링크 보안을 위한 데이터 암호화 방식: IEEE 802.1ae(MACsec)
- 링크 보안을 위한 암호키 관리 방식: IEEE 802.1af(key management)
- 최대 16 분기, 20km 거리의 EPON 광 송수신 및 물리 계층 규격
- OLT, 통신제어기능, ODN 접속 기능 등의 시스템 구성
- ONT, ONU, ODN, PMD, 장애관리, 시험기능, 보안 기능 규정

다. WDM-PON 표준화 동향

2005 년 6 월 개최된 제 1 회 ‘광가입자 망 표준화 회의’에서 WDM-PON 국내 표준안 작업

반이 구성되어 WDM-PON 표준안 작성이 시작되었으며, ETRI, KT, 삼성전자, LG-Nortels, 노베라옵틱스, 럭스퍼트 그리고 다수의 통신사업자와 산업체, 연구기관의 전문가들이 모여 표준을 개발하고 있다. 또한 WDM-PON에 대한 국제 표준화 활동은 아직 미미한 실정이지만 ITU-T SG15의 Q2 표준 활동의 주변 단체인 FSAN에서 현재의 GPON 이후의 가입자 망의 진화를 모색하는 NGA(Next Generation Access)에 대한 논의를 2003년 12월부터 시작하였다. NGA의 요구사항 또는 필요성은 100km 전송거리를 갖는 광역 가입자 망, 높은 공유 비율을 갖는 광가입자 전송방식, 가입자당 1Gbps 로의 대역폭 증대 등에 있다[13].

이렇듯 WDM-PON과 관련된 국내외 표준화 활동이 미미하고 또한 국내 WDM-PON 관련 사업 전개가 아직 활성화 단계에 있지 않기 때문에 이번에 고시된 광가입자 망을 위한 수동형 광 단말장치 기술기준에서는 GPON과 EPON에 대한 규격만 정의되었으며 WDM-PON과 관련된 규격 정의는 차후 국내외 표준화 동향 및 사업 전개 실태를 파악하여 추가 제정하기로 하였다.

IV. 기술기준 주요 내용 분석

1. GPON 기술기준

가. 사용 파장 및 전송 속도

TDMA 방식의 전송 형식을 갖는 GPON은 서비스의 안정적인 제공을 위하여 상향 대역으로 1,480~1,500nm, 하향 1,260~1,360nm의 파장을 사용한다. 또한 국제 표준에서는 GPON 전송 속도로 하향대역에 1.244Gbps와 2.488Gbps를, 상향대역에 155Mbps, 622Mbps, 1.244Gbps 그리고 2.488Gbps를 제시하여 다양한 조합의 상하향 전송속도를 제공하고 있으나 현재 국내 사업자들은 하향 대역의 전송속도를 2.488Gbps로, 상향 대역의 전송속도를 1.244Gbps로 서비스를 제공하고 있어 <표 1>과 같이 전송 속도의 기준을 정의하였다.

<표 1> GPON의 사용 파장 및 전송 속도, 전송 형식

구분	조건
사용 파장	1,480~1,500nm(하향) 1,260~1,360nm(상향)
전송 형식	시분할다중방식(TDMA)
전송 속도	하향: 2.488Gbps, 상향: 1.244Gbps

나. 수신 특성

GPON의 수신 특성은 광 분배망(Optical Distribution Network: ODN) 분류에 따라 <표 2>와 같이 수신감도(최소수신감도; Minimum Sensitivity)와 최소 과부하(Minimum Overload)를 정의하고 있으며 이는 광 가입자 망을 통해 전달되는 광신호의 최소와 최대 평균전력의 허용치를 나타내는 것으로 규정된 값 내에서 비트에러율(BER= 10^{-10} 이하)을 만족해야 함을 의미한다.

<표 2> GPON의 수신 특성

광 분배망 분류	A	B	B+	C
수신감도(dBm)	-21	-21	-27	-28
최소 과부하(dBm)	-1	-1	-8	-8

이 때 광 분배망 클래스의 손실 규정은 <표 3>과 같이 스플라이스나 커넥터, 광 감쇄기 및 기타 수동 광 장비의 사용과 광케이블의 추가 설치, 환경 요인에 의한 광섬유 케이블의 특성 변화 등의 케이블 손실을 포함하여 최상의 경우와 최악의 경우를 가정한 것으로 ITU-T Recommendation G.983.1[14]에서는 그 손실 범위에 따라 A, B 그리고 C 클래스를 정의하고 각각의 전송 속도에 맞는 수신 감도 및 최소 과부하의 기준을 정하였다. 하지만, 실제 국내 사업자와 제조업체에서는 ITU-T Recommendation G.984.2 Amendment 1[15]에서 규정하고 있는 상향/하향 전송 속도 1.244/2.488Gbps 로 서비스를 제공하고 있어 이 규격을 B+ 클래스로 정의하여 수신 감도와 최소 과부하 기준을 규정하였다. 실제 국내 현장에서는 일반적으로 클래스 A(일부)와 클래스 B+를 기준으로 GPON 서비스를 제공하고 있으나, 신규 사업자의 시장 진입 및 확장성을 고려하여 클래스 B와 클래스 C에 대한 수신 특성 역시 기술기준에 포함하였다.

<표 3> 광 분배망 클래스별 손실 범위

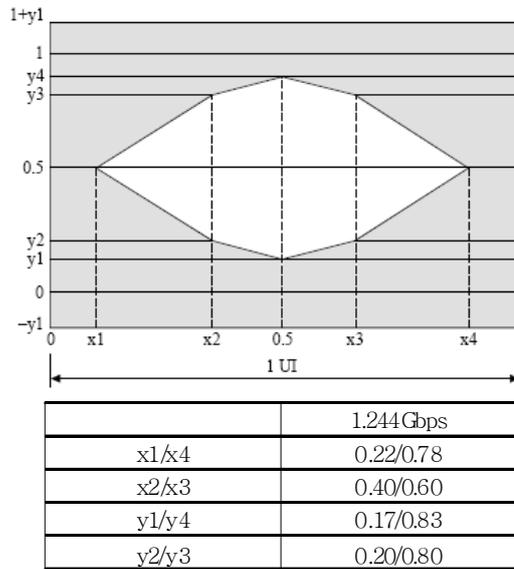
분류	A	B	B+	C
최소 손실	5dB	10dB	13dB	15dB
최대 손실	20dB	25dB	28dB	30dB

다. 송신 특성

<표 4>는 송신 특성을 나타내는데, 먼저 아이패턴(eye pattern)은 발생하는 광신호가 지터(jitter) 등의 문제 없이 사용 파장에 적합한지를 확인하는 규정으로 기술기준에서는 송신 특성에 대한 아이패턴을 (그림 1)과 같이 정하고 있다. 또한 수신기에서의 신호 열화로 인한 에러 발생을 방지하고 정상적으로 신호를 인식할 수 있도록 송신기의 최소 평균 광 출력(Mean launched

<표 4> GPON의 송신 특성

아이 패턴	<그림 1>			
최소 평균 광 출력(dBm)	-3	-2	+0.5	+2
최대 평균 광 출력(dBm)	+2	+3	+5	+7
송신 없는 광 출력(dBm)	수신감도 - 10 이하			
최소 소광비(dB)	10			



(그림 1) GPON 아이패턴 다이어그램

power MIN) 값을 광 분배망 클래스별로 규정하였으며 과도한 송신출력으로부터 네트워크를 보호하기 위한 송신기의 광 출력 제한 값을 최대 평균 광 출력(Mean launched power MAX) 값으로 규정하였다. 최소/최대 평균 광 출력은 송신기에서 광섬유로 들어가는 pseudo-random 데이터 열의 최소/최대 평균을 말하며 이는 비용의 최적화와 송신기의 커넥터 손실, 측정 오차와 에이징 효과(aging effect) 등의 모든 표준 운용 조건 하에서의 운용을 위한 범위라 할 수 있다.

또한 GPON 기술기준에서는 송신기의 전원이 꺼지지 않은 상태에서 정상동작을 대기하는 시간 동안에 오동작 등으로 인하여 네트워크에 피해를 가하지 않도록 하기 위한 규정으로 송신 없는 광 출력(Launched optical power without input to the transmitter)을 규정하였다. 상향 대역으로의 송신기(광 모듈)는 할당되지 않은 모든 슬롯(slot)에서 전력을 송신하면 안되며 또한 레이저 프리바이어스를 위해 사용되는 마지막 두 비트가 할당된 슬롯의 가드타임(guard time) 동안 전력을 송신하면 안 된다. 이렇게 송신이 없는 상황에서 전력 레벨의 제한치를 두어 시스

템과 네트워크를 보호하기 위한 것으로 광 분배망 클래스별로 상향 신호를 수신하는 사업자 설비(OLT)의 최소 수신 감도보다 10dB 이상 작은 출력 값을 가져야 한다.

최소 소광비(Extinction ratio)는 광 변조기의 성능 척도가 되는 것으로 아이패턴과 관련된 절대적 기준 제시를 위하여 보다 정확한 소광비가 요구되기 때문에 GPON의 송신 특성을 위한 소광비 기준은 10dB로 규정하였다.

2. EPON 기술기준

가. 사용 파장 및 전송 속도

GPON과 마찬가지로 TDMA 방식을 사용하는 EPON 역시 <표 5>와 같이 서비스의 안정적인 제공을 위하여 국제 표준인 IEEE 802.3ah에서 정의하고 있는 사용 파장인 상향 1,260~1,360nm과 하향 1,480~1,500nm 대역을 규정하고 있다. 하지만 전송속도의 경우 이더넷 기반의 EPON에서는 GPON과 같이 Gbps 단위가 아닌 GBd(Giga-Baud)를 사용하여 1.25GBd±100ppm으로 정의한다.

<표 5> EPON의 사용 파장 및 전송 속도, 전송 형식

구분	조건
사용 파장	1,480~1,500nm(하향) 1,260~1,360nm(상향)
전송 형식	시분할다중방식(TDMA)
전송 속도	1.25GBd ± 100ppm (하향/상향)

나. 수신 특성

기술기준에서는 <표 6>과 같이 EPON 서비스를 위한 전송 거리로 10km와 20km 일 때를 구분하여 제시하고 있으며 각각의 전송 거리에 따라 수신 특성과 송신 특성을 규정하고 있다. 표준에서는 전송 거리와 상향/하향 대역에 따라 1000BASE-PX10-U/D와 1000BASE-PX20-U/D의 PMD 유형을 정의하고 있다. 이때 PX10은 전송 거리 10km인 경우이고 PX20은 전송 거리 20km일 때의 PMD 유형이며 U는 상향 대역, D는 하향 대역을 나타내고 있다. 현재 국

<표 6> EPON의 수신 특성

전송 거리(km)	10	20
수신감도(dBm)	-24	-24
최대 평균 수신 광 세기(dBm)	-3	-3

내의 경우 KT 와 같은 통신사업자의 90% 이상의 가입자가 CO(Central Office)로부터 5km 반경 이내에 분포하고 있지만, 액세스망의 구축 환경 및 구내 가입자 망의 접속 및 분기, 장비 등에 의한 손실 등을 고려하여 전송 거리를 각각 10km 일 때와 20km 일 때로 구분하였다.

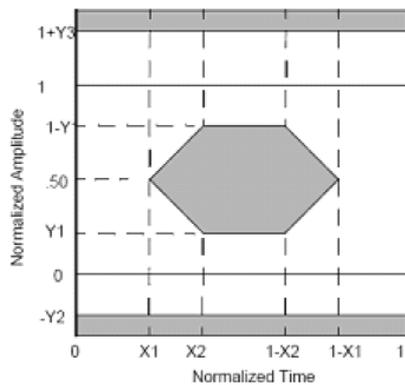
수신 감도(최대수신감도; Receiver sensitivity(max))와 최대 평균 수신 광 세기(Average receive power(max))는 각각 GPON 기술기준의 ‘수신 감도(최소수신감도)’와 ‘최소 과부하’와 같은 의미의 용어로 정의에 대한 해석상 동일 개념으로 볼 수 있다. 수신 감도와 최대 평균 수신 광 세기 역시 네트워크를 통해 전달된 광신호의 규정된 비트 에러율을 만족하기 위한 평균 수신 전력의 최소/최대 허용수치로 정의하였으며 EPON 의 경우 10^{-12} 의 BER 규정을 만족하여야 한다.

다. 송신 특성

EPON 의 송신 특성을 위하여 기술기준에서는 <표 7>과 같이 아이패턴, 최소/최대 평균 광 출력과 최소 소광비 이외에도 송신 특성을 규정하는 항목으로 장거리 전송에 따른 파형의 일그

<표 7> EPON 의 송신 특성

아이 패턴	(그림 2)	
최소 평균 광 출력(dBm)	-1	-1
최대 평균 광 출력(dBm)	+4	+4
송신 없는 광 출력(dBm)	-45	-45
스펙트럼 폭(nm)	<표 10>	<표 11>
최소 소광비(dB)	6	6



	1.25GBd±100ppm
x1/x2	0.22/0.375
y1/y2/y3	0.20/0.20/0.30

(그림 2) EPON 아이패턴 다이어그램

러짐이나 분산 등의 장애를 극복하기 위한 RMS 스펙트럼 폭을 추가로 규정하였다.

신뢰성 있는 신호의 전달을 위한 EPON의 송신 아이패턴은 (그림 2)와 같이 정의하였다. 그리고 수신기에서 정상적으로 신호를 인식할 수 있도록 하는 송신기의 최소 평균 광 출력(Average launch power MIN) 값과 과도한 송신출력으로부터 네트워크를 보호하기 위한 송신기의 광 출력 제한 값을 최대 평균 광 출력(Average launch power MAX)값의 전송거리에 따라 규정하였다.

또한 EPON 기술기준 역시 GPON과 마찬가지로 슬롯이 할당되지 않은 송신기의 오동작 등에 의한 네트워크 위해를 방지하기 위한 규정으로 송신 없는 광 출력(Average launch power of OFF transmitter(max)) 값을 규정하였으며 전송 거리에 따라 각각 10km 일 때와 20km 일 때 모두 -45dBm의 값을 가져야만 하며, 광 변조기의 성능 척도로 높은 레벨의 광 전송과 낮은 레벨의 광 전송의 비로 정의되는 최소 소광비(Extinction ratio)는 EPON에서 6dB의 기준을 만족하여야 한다. EPON에서 따로 정의되고 있는 스펙트럼 폭(RMS)은 약 50km 이상의 장거리 전송 시 분산 등에 의한 손실, 잡음의 영향을 방지하기 위한 것으로 국내처럼 10km 미만의 전송 거리를 갖는 경우에는 큰 의미가 없으나 EPON의 경우 사용 파장의 범위에 따라 정확한 RMS 스펙트럼 폭 역시 일정 범위로 주어져야 한다. 즉, 분산에 덜 민감한 DFB-LD 등의 광 모듈을 사용하는 경우 RMS 스펙트럼 폭을 정의하지 않아도 무방하나 분산 등에 민감한 FP-LD 광 모듈을 사용하기 때문에 전송 거리에 따른 구체적인 RMS 스펙트럼 폭을 정의해야 한다는 사업자의 요구를 수용하여 <표 8>과 <표 9>와 같이 기술기준의 별표 16에 별도 항목으로 포함하였으나 향후 광 모듈 기술의 발전과 사업자들의 요구 변화에 따라 유동적으로 규정할 필요가 있다.

<표 8> EPON의 스펙트럼 폭(전송거리 10km)

중심파장(nm)	최대 RMS 스펙트럼 폭(nm)	색 분산을 고려한 경우의 RMS 스펙트럼 폭(nm)($\epsilon \leq 0.115$)
1,260	2.09	1.43
1,270	2.52	1.72
1,280	3.13	2.14
1,286	3.50	2.49
1,290		2.80
1,297		3.50
1,329		2.59
1,340		2.41
1,343	3.06	2.09
1,350	2.58	1.76

주) ϵ = 신호속도 × 경로산란 × RMS 스펙트럼 폭 × 10^{-3} 으로서 단말장치와 광섬유의 색 분산 사이의 상호작용을 나타내는 값임

<표 9> EPON의 스펙트럼 폭(전송거리 20km)

중심파장(nm)	최대 RMS 스펙트럼 폭(nm)	색 분산을 고려한 경우의 RMS 스펙트럼 폭(nm)($e \leq 0.10$)
1,260	0.72	0.62
1,270	0.86	0.75
1,280	1.07	0.93
1,290	1.40	1.22
1,300	2.00	1.74
1,304	2.5	2.42
1,305	2.55	2.5
1,308	3.00	
1,317		
1,320	2.53	2.2
1,321	2.41	
1,330	1.71	1.48
1,340	1.29	1.12
1,350	1.05	0.91
1,360	0.88	0.77

주) $e = \text{신호속도} \times \text{경로산란} \times \text{RMS 스펙트럼 폭} \times 10^{-3}$ 으로서 단말장치와 광섬유의 색 분산 사이의 상호작용을 나타내는 값임

3. 광커넥터 규격

광 모뎀 단말장치와 광섬유 케이블 간 견고한 상호 접속과 제조업체별, 사업자별 단말장치 접속의 호환성을 확보하기 위해서 커넥터의 규격을 정하여 사용하도록 권장하고 있다. PON 서비스의 제공을 위한 시스템에서 채택하여 사용하고 있는 커넥터는 그 사용 목적 및 특성에 따라 주로 접속이 간편하고 반사 감쇠량이 적은 특성을 갖는 SC 타입의 커넥터 형태를 사용하고 있으며, 접속 단면에 따라서는 주로 PC 타입을 사용하고 있으나 용도에 따라서 APC 타입을 사용하는 경우도 있다. 이러한 SC/PC 타입 또는 SC/APC 타입 커넥터의 구체적인 규격 등은 TIA의 광 커넥터 상호 접속 표준[16]을 따라 어댑터와 플러그의 세부 설계 규격과 요구 조건 등을 참조하도록 하였다.

4. 레이저 안전성

레이저 안전성은 광원으로부터의 인체 및 장비 보호를 위한 것으로 국제 표준인 ITU-T Recommendation G.983.1 과 IEEE 802.3ah 에서는 광 모뎀 단말의 광 전력 레벨이 IEC 60825-1 에서 권고하고 있는 Class 1 을 초과하지 못하도록 하고 있으며, 이러한 레이저 안전성 기준과 규격들은 레이저 제조업자가 제품의 레이저, 안정화된 특성, 라벨링, 용도, 유지보수 및 서비스

에 대한 정보를 제공하도록 하고 있다.

통상 이러한 레이저 안전성과 관련하여 국내에서는 전기안전시험에서 수행되는 레이저 안전성 시험이 수행되기 때문에 본 기술기준의 형식 승인을 위하여 레이저 안전성에 대한 시험을 수행하는 것은 중복 수행에 의한 비효율성을 감안하여 지양하고 대신 전기안전시험의 레이저 안전성 시험 성적서와 승인서를 제출하는 것으로 광 모뎀 단말장치의 기술기준의 레이저 안전성 항목을 만족하는 것으로 인정하고 있다.

V. 결 론

본 고에서는 국내 FTTH 서비스를 위한 PON 기술인 GPON 과 EPON 의 단말 장치인 광 모뎀의 기술기준 제정 배경과 그 기준 조항에 대해서 살펴보았다. 현재 아직까지 표준화가 진행 중인 WDM-PON 에 대해서는 표준화 동향을 주시하면서 그 제정 시기를 조정하기로 하였으며, 기존의 광가입자 망 서비스를 제공하고 있는 사업자 이외에 새로이 이 서비스 사업에 참여하고자 하는 신규 사업자 및 향후 기술개발 등으로 인한 상세 기술 조건의 변화, 그리고 사업의 확장성 등을 고려하여 기술기준의 범위를 가급적 넓게 규정하였으며 향후 PON 기술의 발전 방향과 국내 시장의 다양성, 그리고 WDM-PON 기술의 표준화 제정 동향에 따라 기술기준의 개정이 이루어져야 하겠다.

<참 고 문 헌>

- [1] 박정우, 백용순, “PON 기반 가입자 망을 위한 광소자의 표준화 현황 및 기술”, 전자통신동향분석 제 20 권 제 6 호, 2005. 12, pp.77-86.
- [2] 강정모, “FTTH 시스템 시장 동향”, 주간기술동향 통권 1339 호, 2008. 3. 19.
- [3] 2009년 5월 초고속 인터넷 가입자 현황, ITFIND 통계자료, 2009. 7. 13.
- [4] 전기통신설비의 기술기준에 관한 규정, 대통령령 제 21098 호, 2008. 10. 29.
- [5] 단말장치 기술기준, 전파연구소 고시 제 2009-38 호, 2009. 9. 11.
- [6] 주요국 FTTH 시장 및 사업자 분석, IT 전문협의회, 2006. 6. 28.
- [7] ITU-T Recommendation G.984.1, “Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): General characteristics”, 2003. 3.
- [8] ITU-T Recommendation G.984.2, “Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): Physical Media Dependent(PMD) layer specification”, 2003. 3.
- [9] ITU-T Recommendation G.984.3, “Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): Transmission convergence layer specification”, 2004. 2.

-
- [10] ITU-T Recommendation G.984.4, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): ONT management and control interface specification", 2004. 6.
- [11] ITU-T Recommendation G.984.5, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): Enhancement band", 2007. 9.
- [12] IEEE 802.3ah, "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection(CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification", 2004. 9.
- [13] 유태환, 송호영, 김봉태, "WDM-PON 광가입자 망 기술", TTA Journal No.110, 2007. 4, pp.105-113.
- [14] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks(PON)", 2005. 1.
- [15] ITU-T Recommendation G.984.2 Amendment 1, "Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent(PMD) layer specification, Amendment 1: New Appendix III- Industry best practice for 2.488 Gbit/s downstream, 1.244Gbit/s upstream G-PON", 2006. 2.
- [16] TIA-604-3-B, "Fiber Optic Connector Intermateability Standard, Type SC and SC-APC", 2004. 9.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 NIPA의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.